

气候物理风险量化分析初探

■ 总行风险管理部 侯梦虹

近年来，全球气温持续升高叠加极端灾害事件频发，社会各界越发关注环境与气候问题，“气候相关风险是金融风险的来源之一”这一观点已经成为全球金融界的共识。随着我国“双碳”目标的提出与相关工作的不断推进，国内对环境与气候问题的关注度持续提升，金融机构纷纷将环境与气候风险纳入全面风险管理体系并开展测算分析，但大多聚焦于气候转型风险领域，对气候物理风险的研究探讨相对较少。本文将简要介绍气候物理风险的概况、与转型风险的关系和现有测算方法，并就开展气候物理风险量化分析工作提出建议。

一、气候物理风险概述

（一）气候物理风险的定义与来源

气候物理风险指各种与环境和气候相关的自然灾害和事件造成不利后果的可能性。北京绿色金融与可持续发展研究院院长马骏教授在《金融机构环境风险分析的意义、方法和推广》一文中将气候物理风险的来源分为四类，分别是各种极端气候灾害、海平面上升、生态环境污染事故、自然资源破坏和短缺。其中，以洪涝、台风、暴风雪、干旱和山火为代表的自然灾害是发生相对频繁、对人类生产生活影响更为直接和显著的一类气候物理风险来源。

（二）气候物理风险的发展与现状

国外许多机构实证探究了自然灾害与其造成的损失之间的关系，普遍认为与历史规律相比，由于全球变暖与气候恶化，极端自然灾害事件发生的频率变得更高且更具破坏性。例如，国际货币基金组织对1980年-2018年全球自然灾害总损失及保险损失变化趋势进行了分析，结果显示，相比于20世纪80年代，2018年自然灾害损失引起的保险索赔已增加了两倍。贝莱德(BlackRock)集团将荣鼎(Rhodium)集团的飓风模型叠加到贝莱德商业房地产抵押贷款支持证券(CMBS)数据库中约6万个基础商业地产上，发现1980年以来这些财产中任何一处受到4级或5级飓风袭击的风险中值上升了137%。由此可见，从较长时期来看，气候物理风险带来的损失呈现上升趋势。

2020年世界经济论坛发布的《全球风险报告》指出，未来10年全球面临的前五大风险首次全部与环境和气候相关，其中，与气候物理风险相关的极端天气事件和自然灾害分别排在第一位和第三位。2021年初，世界经济论坛发布的最新研究报告认为，从发生概率和影响程度来看，环境与气候风险仍是未来十年人类社会面临的首要问题，其中极端天气事件相关风险发生的可能性仍排在各类风险的首位，应引起高度关注。

（三）气候物理风险与转型风险的关系

气候转型风险是在应对气候变化、转向可持续发展型经济的过程中，由于政策转变、技术革新、市场情绪与偏好变化、商业模式改变等带来的风险。如果说气候物理风险是被动接受气候恶化的成本，那么气候转型风险则是主动应对气候变化的代价。

通常认为，如果不能有效阻止全球气温的持续上升，将引发更多、更频繁、更严重的自然灾害，即温升与物理风险之间存在正相关关系。

而转型风险是为了控制气温上升产生的风险，与温升之间存在负相关关系。因此，从理论分析来看，气候物理风险和转型风险之间存在一种此消彼长的关系。英国保险机构 AVIVA 的研究印证了这一观点。这家公司采用 Carbon Delta 公司构建的气候风险评估模型，分析了其持有资产可能受到的气候转型风险和物理风险的影响。结果显示，在 3℃ 和 4℃ 等温升较高的情景下，超过 95% 的影响来源于物理风险；在 1.5℃ 和 2℃ 等温升较低的情景下，转型风险和物理风险的影响基本上持平。

（四）我国气温与降水量的变化情况

2021 年 8 月中国气象局气候变化中心发布了最新的《中国气候变化蓝皮书》，提到 1951 年至 2020 年我国地表年平均气温上升速率为 0.26℃/10 年，明显高于全球同期平均水平（0.15℃/10 年）。降水量方面，1961 年至 2020 年我国年平均降水量平均每 10 年增加 5.1 毫米。今年以来，河南、陕西、浙江等地多发强降水过程，多地日雨量突破有气象记录以来的历史极值。

根据万得上 2000 年到 2020 年我国各个气象观测站的气温与降水量数据计算得到全国年平均气温和降水量，分析发现，以十年为一个周期来看，2001 年至 2010 年我国气温均值为 11.4℃，降水量均值为 756.49 毫米，2011 年至 2020 年分别上升至 11.52℃、806.54 毫米，表明从较长时期来看，我国气温与降水量的确呈上升趋势。此外，以年平均气温和降水量的变化量分别作为自变量和因变量进行相关性分析发现，温升与降水量的变化之间呈现正相关关系，即气温上升将导致更强的降水过程，这能够在一定程度上印证气候转型风险和物理风险之间的负相关性。

二、气候物理风险量化分析

科学合理地量化风险是有效管控风险的前提。近年来，国内外许多研究机构和学者对气候物理风险的传导机制进行了研究，形成的量化分析方法较为相近。本文综合剑桥大学、苏黎世联邦理工学院和清华大学绿色金融发展研究中心（以下简称“清华绿金”）等机构的研究与案例，对气候物理风险的传导路径和量化模型进行简要介绍。

（一）风险传导路径

引发气候物理风险的自然灾害和事件对人类生产生活的影响可分为直接影响和间接影响两大类。**直接影响**指灾害事件冲击住房建筑、厂房设备或交通设施等，使实体资产受损减值或毁损灭失，从而导致直接实物损失。**间接影响**则指灾害事件导致企业停工减产、生产活动中断等，从而引发企业经营状况恶化、居民收入减少、经济发展停滞等间接经济损失。

直接实物损失和间接经济损失会影响企业和个人的资产负债情况、收入情况和现金流等，引发财务指标变化。财务指标作为金融机构风险管理模型的输入变量，其变化会导致风险管理模型输出指标变化，从而反映金融机构面临的风险状况。比如，洪水冲毁了厂房楼房、损坏了机器设备，导致企业经营中断、企业和个人资产损毁或价值减损，增加了还款来源的不确定性、降低了抵押物价值，从而引发贷款违约率和预期损失率的潜在上升。

（二）量化分析模型

从既有研究实践来看，气候物理风险量化分析模型可分为巨灾风险模型和金融风险模型两大部分。

1. 巨灾风险模型。又称自然灾害损失模型，该模型以保险业传统的巨灾风险模型为基础，加入气候变化加剧效应，主要用于估算不同气候情景（通常为温升幅度）下，灾害事件可能带来的直接和间接经济损失。该模型由以下四个模块构成：

（1）历史灾害模块。描述特定区域、特定灾害事件按照历史规律（即不考虑气候变化因素影响）发生的概率和强度。

（2）气候变化加剧效应模块。描述在不同气候情景下，气候变化对特定灾害事件的加剧程度，即确定温升 1℃ 将导致灾害事件的频率和强度增加多少。将气候变化加剧效应叠加至历史灾害模块，生成温升影响下的未来灾害情景。

（3）资产暴露模块。描述待研究资产的地理位置与价值分布情况，用来与灾害事件的地理分布作空间上的对应。地理位置通常由经纬度、海拔等构成，具体因素因灾害类型而异。比如，在分析台风的影响时，使用经度和纬度便可锁定影响的范围和程度；但在分析洪水的影响时，还需结合海拔信息才可确定灾害影响。

（4）脆弱性模块。描述灾害强度和资产价值减损之间的对应关系，例如某等级或某风速的台风将导致房屋价值减少的百分比。特定灾害与经济损失之间的关系通常以实证研究结合专家判断的方法得出。将未来灾害情景、待研究资产的位置和价值等信息输入脆弱性模块，可得到在不同程度温升影响下，特定灾害对特定资产价值的减损程度。

2. 金融风险模型。根据测算目的不同，金融风险模型可以是贷款违约率模型、企业价值评估模型或保险精算模型等。将巨灾风险模型输出的损失结果换算为相关指标，并作为输入量输入金融风险模型，

便可计算得到所关心的风险量化结果。例如，在清华绿金分析台风对我国沿海地区住房按揭贷款违约率影响的案例中，以巨灾风险模型输出的房产价值减损计算贷款价值-押品价值比率（LTV），然后代入住房按揭贷款违约率模型计算违约概率（PD）和预期损失（EL），得到温升影响下台风对住房按揭贷款信用风险的加剧程度。

三、未来工作建议

鉴于气候物理风险存在的长期性和影响的广泛性，金融机构应加大对极端灾害事件可能导致的信用风险、押品风险以及运营风险等各类风险的关注与管理，提升对气候物理风险的防控能力。

（一）加强数据体系建设，夯实测算分析基础

气候物理风险量化分析所需数据可分为内部数据和外部数据。内部数据中，资产价值和地理位置数据是锁定灾害影响必不可少的，其中地理位置通常表现为经纬度和海拔等，可通过地址信息转换得到；材质构造、使用年限等与资产特性和质量有关的数据能够反映资产对灾害的敏感程度，如有则可提升测算的精准度。外部数据主要指气象数据（包括灾害的历史强度、发生频率、坐标路径等）和损失数据，用于模拟历史规律下灾害的发生情况，建立气候风险加剧效应模型，构造特定灾害情景与损失的定量关系曲线等。未来若开展相关测算，需要根据经营管理需要和灾害事件特点明确数据需求，通过内部业务途径或加强与气象部门、灾害管理部门、高校研究机构及咨询机构合作等方式，获取更充分、更准确的数据并将其系统化，夯实测算分析的数据基础。这不仅有益于气候物理风险的量化分析，也有助于提高相关部门对业务与资产的精细化管理能力。

（二）开展专题研讨交流，提升专业技术水平

自然灾害影响的量化分析涉及气象学、海洋学、环境学等多个非金融领域的专业学科，不同类型灾害的影响因素各异，传导机制也相对复杂，对金融机构而言极具挑战。要做好气候物理风险量化分析工作，一是要善于学习、主动学习，从基础学科的基础知识入手，通过举办专题培训、研究分享会等方式，持续加强理念宣导、强化知识储备，提升对环境与气候风险的系统性认知。二是要积极交流、取长补短，与同业、研究机构及咨询公司等就环境与气候问题开展专题研讨，寻求外部数据、模型及专家资源助力，汇聚并内化各方专业智慧与实践经验，持续提升气候物理风险的计量与管控水平。

（三）开展案例分析实践，强化风险管理能力

目前，国内对于对气候物理风险的研究仍处于探索阶段，多数金融机构尚未开展相关量化分析工作。建议可先从押品风险管理切入，将我行抵押资产的地理位置与我国常见自然灾害的地理分布匹配对应，聚焦分析价值占比高的抵押资产在温升情景下受自然灾害的影响程度，进而分析我行可能因此面临的风险潜在上升幅度。比如，针对长江、黄河流域分析洪水对房地产抵押贷款影响，针对沿海地区分析台风对房地产抵押贷款影响。可先以案例形式聚焦分析，积累一定的实践经验后，再开展更为细致深入的测算，逐步建立起气候物理风险量化分析框架体系，为更有效的风险管理与业务开展提供支持。